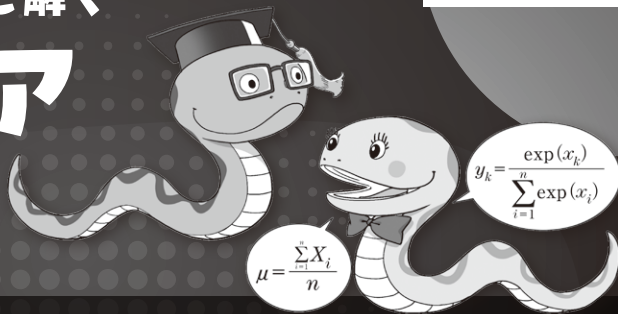


数式とコードと図でひも解く

エンジニア 数学



第4回 音の信号処理(4) … プログラムでもヘリウム・ボイスが作れる

川村 新

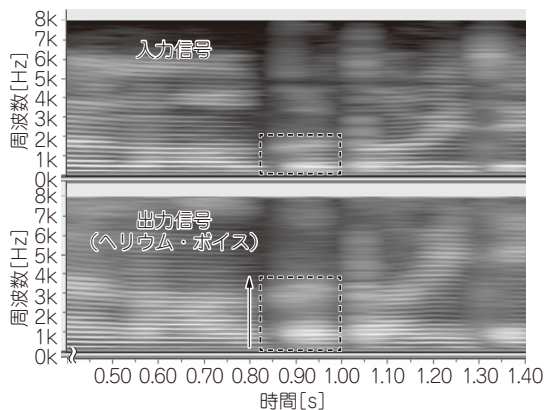


図1 信号処理でヘリウム・ボイスを作成(上が入力信号, 下が出力信号)
共鳴周波数(フォルマント)が周波数方向に移動している

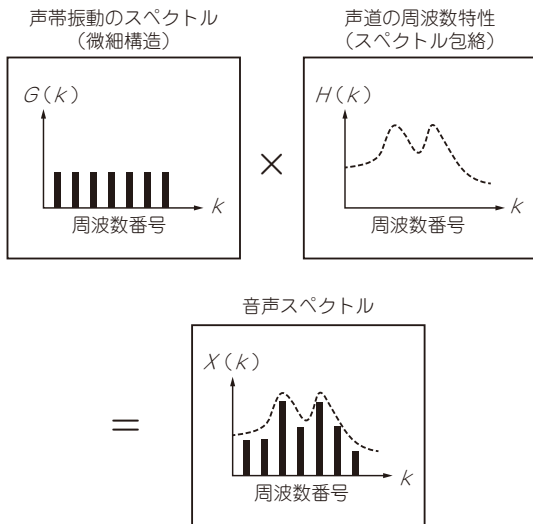


図2 音声スペクトルの生成過程

本連載では、よく使用される技術や専門外だとあまりふれない技術の数学を、対応するプログラムとともに解説していきます。(編集部)

● 信号処理によるヘリウム・ボイス作り

ヘリウム・ガスと酸素の混合空気を吸い込むと、白い声になることが知られています。この変な声をヘリウム・ボイスと呼ぶことがあります。今回は信号処理により、ヘリウム・ボイスを作ります(図1)。

● 原理の数式

▶ 通常の声とヘリウム・ボイスの違い

音声は、ノドにある声帯付近が音の発生源となり、声道(声帯から唇や鼻までの空洞)を通過する過程で、「あ」、「い」などの音色を形成しています。声道の形により、ある周波数が強められます。この周波数は共鳴周波数、またはフォルマントと呼ばれ、音色の形成に強く関係しています。声道が変化しなければ、共鳴周波数は波長だけで決定されます。

音速 v [m/s]、周波数 f [Hz]、波長 λ [m] には次の関係があります。

$$v = f\lambda \text{ [m/s]} \dots\dots\dots (1)$$

ヘリウム・ガスを吸い込むと、音速 v が上昇する一方で、声を構成する全ての周波数 f は、声帯の振動で決まるのであまり変化しません。

声道の形状が同じで、音速 v だけが r 倍になったときの共鳴周波数 f' を考えます。声道が変化しないので、共鳴周波数を決定する波長 λ も変化しません。よって、

$$rv = f'\lambda \text{ [m/s]} \dots\dots\dots (2)$$

となります。一方、式(1)の両辺に r を掛けると、式(3)となります。

$$rv = rf\lambda \text{ [m/s]} \dots\dots\dots (3)$$

式(2)と式(3)より、

$$f' = rf \text{ [Hz]} \dots\dots\dots (4)$$

となります。従って元の共鳴周波数 f が新しい共鳴周波数 $f' = rf$ に変化することが分かります。つまり、通常の声とヘリウム・ボイスの違いは共鳴周波数(≒音色)です。

▶ 信号処理でヘリウム・ボイスを作る

音声の共鳴周波数は、声道の周波数特性(スペクトル

- 第1回 音の信号処理(1) …リバーブ・エコー(2024年7月号)
- 第2回 音の信号処理(2) …ダイナミック・レンジを小さくするコンプレッサ(2024年8月号)
- 第3回 音の信号処理(3) …リアルタイムで音の高さを変えられるリング・バッファ(2024年9月号)